



REC'D 06 JUN 2003

WIPO

PCT

22 JUL 2003

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 12 223.7

**Anmeldetag:** 19. März 2002

**Anmelder/Inhaber:** Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH,  
Darmstadt/DE

**Bezeichnung:** Detektor zur Erfassung von Teilchenstrahlen  
und Verfahren zur Herstellung desselben

**IPC:** G 01 T 1/24

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

Dzierzon

13. März 2002

Unser Zeichen: 12861-GSI  
Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH

**Detektor zur Erfassung von Teilchenstrahlen und Verfahren zur  
Herstellung desselben**

Die Erfindung betrifft einen Detektor zur Erfassung von Teilchenstrahlen, insbesondere von hochenergetischen Ionenstrahlen, der eine kristalline Halbleiterplatte mit einer Metallbeschichtung aufweist und auf einem Substrat angeordnet ist sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäß der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

Zur Erfassung von Teilchenstrahlen sind zwei unterschiedliche Detektortypen bekannt. In einem ersten Detektortyp wird ein Draht verwendet, der von einem Detektorgas umgeben ist, so daß beim Durchgang von Teilchen durch das Detektorgas bzw. das Zählgas ein Signal von dem Draht abgenommen werden kann. Durch Aufspannen von Drahtgittern läßt sich auch eine örtliche Verteilung des Teilchenstrahls messen. Jedoch ist die Auflösung durch den Durchmesser des Drahtes im Bereich von 25  $\mu\text{m}$  und dem erforderlichen Abstand von Draht zu Draht

begrenzt. Hinzu kommt, daß bei hochenergetischer bis zu hochintensiver Bestrahlung das Zählgas durch Plasmabildung versagt.

Ein zweiter Detektortyp weist eine Halbleiterplatte auf, insbesondere eine monokristalline Siliciumpplatte, die beidseitig mit Gold beschichtet ist, jedoch hat ein derartiger Detektor den Nachteil, daß die Siliciumpplatte bei hochenergetischer und hochintensiver Bestrahlung mit Partikelstrahlen aufgeheizt wird und sich zwischen Gold und Silicium eine eutektische Schmelze bildet, die den Detektor zerstören kann. Versuche, statt der Siliciumpplatte polykristalline Diamantplatten einzusetzen, versagen ebenfalls bei hochenergetischen und hochintensiven Partikelstrahlen, zumal trotz eines komplexen Aufbaus der Metallisierung aus zunächst einer auf Diamant gut haftenden Titanbeschichtung und einer anschließenden Goldkontaktbeschichtung dieser Detektor wegen der hohen Ionisationsverluste versagt, so daß auch hier eine unerwünschte Erwärmung auftritt und nur mit intensiver Kühlung des Detektors eine Zerstörung des Detektors vermieden werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Detektor zur Erfassung eines hochenergetischen Teilchenstrahls zu schaffen, der die Nachteile im Stand der Technik überwindet und hochenergetische bis hochintensive Teilchenstrahlen erfassen kann, ohne intensiv gekühlt zu werden. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Detektors anzugeben.

Gelöst wird diese Aufgabe mit dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß weist der Detektor als Halbleiterplatte eine Diamantplatte auf, die beidseitig mit Metallstrukturen beschichtet ist, wobei die Metallstrukturen Aluminium und/oder eine Aluminiumlegierung aufweisen. Die Metallstrukturen bilden Elektroden, die mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen über Leiterbahnen auf dem Substrat verbindbar sind. Das Substrat weist eine Keramikplatte mit einer zentralen Öffnung auf, die von der Diamantplatte abgedeckt ist.

Dieser Detektor hat den Vorteil, daß er sowohl die Intensität eines hochenergetischen Teilchenstrahls, insbesondere eines Ionenstrahls, messen kann, ohne intensiv gekühlt zu werden, und darüber hinaus können die Elektroden auf der Diamantplatte derart strukturiert sein, daß die Intensitätsverteilung über den Querschnitt des hochenergetischen Teilchenstrahls mit hoher Auflösung gemessen werden kann. Darüber hinaus kann mit dem Detektor auch die Intensitätsverteilung über der Zeit gemessen werden, so daß sich folgende wesentlichen Vorteile dieses Detektors aus einer Diamantplatte mit Aluminiummetallstrukturen ergeben:

- 1) eine hohe Zeitauflösung eines Teilchenstrahlimpulses mit einer Zeitauflösung im Picosekundenbereich,
- 2) eine hohe Auflösung der räumlichen Verteilung des Strahls im Mikrometerbereich,
- 3) eine Intensitätserfassung des Strahls über mehr als 10 Größenordnungen, so daß, selbst bei der höchsten Größenordnung von ca.  $10^{10}$  Partikeln/mm<sup>2</sup> keine intensive Kühlung erforderlich wird.

Diese Vorteile beruhen im wesentlichen auf der Art der Metallisierung, wobei die Ordnungszahl  $Z$  des Aluminiums nahe bei der Ordnungszahl  $Z$  des Kohlenstoffs angesiedelt ist, und somit der Ionisationsverlust im Aluminium, der Wärme erzeugt, sehr gut an den Ionisationsverlust im Diamant angepaßt ist. Die beidseitig aluminisierte Diamantplatte bewirkt gleichzeitig die Signalerzeugung durch entsprechende Elektronen-Lochpaarbildung in ihrem Volumen, die einen Stromfluß bilden, der an den auf hohen Spannungen liegenden Elektroden gemessen werden kann. Dabei stellt sich eine hohe Proportionalität zwischen der Intensität des hochenergetischen Teilchenstrahls und dem Signalstrom an den Elektroden des Detektors als weiterer Vorteil heraus.

Zwar werden mit hochreinen Diamantplatten die empfindlichsten Detektoren bereitgestellt, jedoch kann die Diamantplatte auch eine Donatorenkonzentration im Bereich zwischen  $10^{12}$  und  $10^{18}$  Donatoren pro  $\text{cm}^3$  aufweisen. Derartige Donatoren sind Substitute des Kohlenstoffs im Kristallgitter und gehören zur fünften Gruppe des periodischen Systems, so daß sie jeweils ein Elektron zur Verbesserung der Leitfähigkeit des Diamanten frei beweglich im Kristallgefüge nach Erreichen ihrer Aktivierungstemperatur abgeben können.

Ein Detektor aus hochreinem Diamant hat den Vorteil, daß bei hochenergetischen bis hochintensiven Teilchenstrahlen, insbesondere bei hochenergetischen bis hochintensiven Ionenstrahlen, ein hohes Aufkommen an Elektronenlochpaaren auftritt, und daß die auf unterschiedlichen Potentialen liegenden Elektroden einen entsprechend hohen Signalstrom liefern können mit dem ein Oszillograph unmittelbar angesteuert werden kann und somit ohne eine Zwischenverstärkung die Intensität des Ionenstrahls gemessen werden kann.

Da der Detektor aus hochreinem Diamant ein äußerst geringes Rauschen aufweist, kann durch einen geeigneten Verstärker auch ein einzelnes Teilchen nachgewiesen werden, so daß der Gesamtbereich der Intensität vom Einzelteilchen bis zu  $10^{10}$  Teilchen pro  $\text{mm}^2$  gemessen werden kann. Ein derart weiter über zehn Größenordnungen ausgedehnter Messbereich ist mit herkömmlichen Detektoren nicht erreichbar.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß die Metallstrukturen auf der Oberseite und der Unterseite der Diamantplatte zwei geschlossene Metallspiegel bilden. Derartige geschlossene Metallspiegel auf der Unterseite und der Oberseite mit entsprechend dünner Aluminiumauflage haben den Vorteil, daß ein derart strukturierter Detektor die Gesamtzahl oder Intensität des hochenergetischen Teilchenstrahls erfassen kann. Dazu wird der Metallspiegel auf der Unterseite auf ein Massepotential gelegt, und der Metallspiegel auf der Oberseite weist ein Potential auf, das eine Feldstärke in der Diamantplatte im Bereich von  $0,5 \text{ V}/\mu\text{m}$  bis  $5 \text{ V}/\mu\text{m}$  erzeugt. Das bedeutet bei einer Dicke der Diamantplatte von  $50 \mu\text{m}$  wird eine Spannung von 25 bis 250 V und bei entsprechend dickeren Diamantplatten wird eine entsprechend höhere Spannung eingesetzt.

Um Verzerrungen der Feldlinien im Randbereich des Detektors zu vermeiden und eine hohe Gleichförmigkeit des Detektorsignals unabhängig von der Position des Teilchenstrahls auf der Fläche des Detektors zu erreichen, weisen die Randbereiche der Metallspiegel auf der Unterseite und der Oberseite des Detektors nichtmetallisierte Randzonen auf. Diese nichtmetallisierten Randzonen weisen eine Breite auf, die mindestens der Dicke der Diamantplatte entspricht.

Mit dieser Metallstruktur wird in vorteilhafter Weise die Kriechstromfestigkeit des Detektors erhöht.

Soll die Dichteverteilung der hochenergetischen Teilchen über dem Querschnitt eines Strahls gemessen werden, so können zwei unterschiedliche Metallstrukturordnungen eingesetzt werden. In einer ersten vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung wird dazu auf der Unterseite der Diamantplatte ein geschlossener Metallspiegel bereitgestellt, und die Struktur auf der Oberseite der Diamantplatte weist eine Vielzahl von mikroskopisch kleinen Kontaktflächen auf. Unter mikroskopisch klein wird in diesem Zusammenhang eine Kontaktflächengröße verstanden, die nur unter einem Lichtmikroskop erkennbar und meßbar ist. Diese mikroskopisch kleinen Kontaktflächen, die dem Metallspiegel gegenüberliegen, werden über Bonddrähte mit Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte, die ihrerseits mit Außenkontakten des Detektors verbunden sind, elektrisch verbunden oder sie werden über Leiterbahnen auf einer Isolationsschicht auf der Diamantplatte und über Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte mit den Außenkontakten des Detektors verbunden. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird die Vielzahl von mikroskopisch kleinen Kontaktflächen in einem möglichst engen Rastermaß angeordnet, so daß eine große Flächenauflösung bis herunter zu wenigen Mikrometern erreichbar ist.

Eine zweite Ausführungsform der Erfindung sieht dazu vor, daß die Metallstrukturen ein Gitternetz von Metallstreifen aufweisen, wobei die Metallstreifen auf der Unterseite der Diamantplatte rechtwinklig zu den Metallstreifen der Oberseite der Diamantplatte angeordnet sind. Mit diesem Muster läßt sich ähnlich einem Drahtgittermuster die Diamantplatte in kleine Volumenelemente aufteilen, wobei

jedes Volumenelement gegenüberliegende Elektroden aufweist, die von einer entsprechenden elektronischen Versorgungs- und Auswerteschaltung in Zeilen und Spalten abgetastet werden können, so daß ein klares Bild der Intensitätsverteilung über dem Querschnitt des Ionenstrahls mit einem derart strukturierten Detektor möglich wird.

Die einzelnen Streifen können leicht über Bonddrähte oder direkt mit Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte verbunden werden, die ihrerseits wiederum Kontaktanschlußflächen aufweist, welche mit Außenkontakten des Detektors verbunden werden können. Bei einem Schrittabstand von 2  $\mu\text{m}$  in jedem Streifenmuster können auf einer Platte von 10 x 10 mm 5.000 Streifen auf jeder Seite untergebracht werden, so daß sich 25 Millionen Kreuzungspunkte zwischen den Streifen auf der Oberseite und der Unterseite ergeben und damit 25 Millionen Meßpunkte möglich werden. Dieses ermöglicht eine genaue Positionsmessung des Ionenstrahls und eine genaue Profilmessung des Ionenstrahls.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Detektor einen Trägerrahmen auf, auf dem die Komponenten des Detektors fixiert sind. Ein derartiger Trägerrahmen hat den Vorteil, daß er der Keramikplatte eine ausreichende Unterstützung bietet und gleichzeitig den Detektor vor Beschädigungen schützen kann. Ferner kann dieser Trägerrahmen aus einem Metall aufgebaut sein und als Zuleitung für das Massepotential dienen.

Die Öffnung in der Keramikplatte weist geringfügig kleinere Außendimensionen auf als die Detektorplatte bzw. die Diamantplatte selbst, die diese Öffnung abdeckt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist diese Öffnung



in der Keramikplatte kreisförmig. Eine derartige kreisförmige Öffnung mit einem entsprechenden Detektor wird dann eingesetzt, wenn erwartet wird, daß der hochenergetische und hochintensive Teilchenstrahl einen kreisrunden Querschnitt aufweist. Ist jedoch der Teilchenstrahl gescannt, so erweist sich eine viereckige Öffnung in der Keramikplatte als Vorteil, so daß in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung der Detektor und die Keramikplattenöffnung viereckig ausgebildet sind.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Diamantplatte eine selbsttragende, durch chemische Gasphasenabscheidung gebildete polykristalline Diamantplatte, die eine Dicke im Bereich vorzugsweise von 50  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$  aufweist. Derartige Diamantplatten sind zur Aufnahme der Metallisierung bzw. der Metallstrukturen auf beiden Seiten poliert, so daß völlig ebene Oberflächen entstehen. Ferner wird darauf geachtet, daß die Oberseite und die Unterseite planparallel zueinander liegt. Da Diamant ein äußerst fester und harter Werkstoff ist, sind Plättchen oder Platten bereits von 10  $\mu\text{m}$  Dicke durchaus selbsttragend herstellbar, so daß ein Dickenbereich von 10 bis 2000  $\mu\text{m}$  realisierbar ist.

Die Polykristallinität der Diamantplatte in dieser Ausführungsform begrenzt jedoch die Energieauflösung aufgrund der in der Diamantplatte auftretenden Korngrenzen. Deshalb ist es vorgesehen in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, eine selbsttragende monokristalline Diamantplatte mit einer Dicke im Bereich von 10 bis 2000  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von 50 bis 500  $\mu\text{m}$  einzusetzen. Bei einer derartigen Diamantplatte ist die vorher erwähnte Meßauflösung von  $25 \times 10^6$  Meßpunkten pro  $\text{cm}^2$  vorteilhafterweise realisierbar. Dazu weist die Diamant-

platte eine Umfangslänge von mehreren Zentimetern auf, vorzugsweise von 2 bis 50 cm auf.

Die oben erwähnten Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte können, wenn sie keine äußerst feine Struktur im Mikrometerbereich realisieren müssen, aus gedruckten Dünnsfilm- oder Dickfilmleitungen bestehen und zusätzlich passive Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren und Spulen in gleicher Technik aufweisen. Somit kann auf der Keramikplatte eine bereits auswertende oder eine impedanzanpassende Schaltung zusätzlich zu den Umverdrahtungsleitungen vorgesehen werden. Insbesondere ist es von Vorteil, einen Dünnsfilmwiderstand vorzusehen, der dem Innenwiderstand des auswertenden Oszillographen entspricht. Dieser Innenwiderstand des Oszillographen ist üblicherweise  $50 \Omega$ .

Ein Verfahren zur Herstellung eines Detektors zur Erfassung hochenergetischer bis hochintensiver Partikelstrahlen, der eine kristalline Halbleiterplatte mit Metallbeschichtung aufweist und auf einem Substrat angeordnet ist, weist folgende Verfahrensschritte auf:

- Bereitstellen einer monokristallinen Siliciumträgerplatte,
- chemische Gasphasenabscheidung einer Diamantschicht aus Kohlenstoff, auf der ein Diamantgitter aufweisenden monokristallinen Siliciumträgerplatte,
- Entfernen der Siliciumträgerplatte von der selbsttragenden Diamantschicht zur Bildung einer Diamantplatte,
- Beschichten der Oberseite und der Rückseite der Diamantplatte mit Metallstrukturen,
- Bereitstellen einer Keramikplatte mit zentraler Öffnung und Umverdrahtungsleitungen mit Kontaktanschlußflächen und/oder passiven Bauelementen,

- Aufbringen der beidseitig metallisierten Diamantplatten auf die Keramikplatte unter Abdecken der zentralen Öffnung,
- Verbinden der Metallstrukturen der Diamantplatte mit den Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte,
- Fixieren der Detektorkomponenten auf einem Trägerrahmen.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß schrittweise zunächst das Herzstück des Detektors, nämlich eine Diamantplatte, hergestellt wird. Dazu wird mit dem ersten Schritt in vorteilhafter Weise das Diamantgitter einer monokristallinen Siliciumträgerplatte durch Anordnen von Kohlenstoffatomen auf diesem Diamantgitter der Siliciumträgerplatte fortgesetzt, jedoch nicht mehr mit Siliciumatomen, sondern mit Kohlenstoffatomen. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist, daß nach dem Herstellen einer entsprechenden Schicht aus Diamant die Siliciumträgerplatte abgetragen werden kann, weil durch die entsprechende Dicke der Diamantschicht diese zu einer selbsttragenden Platte geworden ist.

Nach dem Entfernen der Siliciumträgerplatte kann die Oberseite und die Rückseite der Diamantplatte poliert werden, so daß eine vollständig ebene Oberfläche für die Metallstrukturen bereitsteht. Als Metall der Metallstrukturen wird in vorteilhafter Weise ein Aluminium oder eine Aluminiumlegierung eingesetzt, wobei das Aluminium etwa eine gleiche Ionisationsverlustgröße aufweist wie die Diamantplatte und somit eine bessere Wärmeanpassung der beiden Materialien für eine hohe Lebensdauer auch bei höchster Belastung durch hochenergetische und hochintensive Partikelstrahlen sorgt.

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Verwendung einer Keramikplatte, die einerseits mikroskopische

Teilstrukturen auf der Diamantplatte in makroskopische Metallstrukturen übertragen kann, so daß entsprechend große Außenkontakte für den Detektor an der Keramikplatte anbringbar sind. Makroskopisch heißt in diesem Zusammenhang, daß die Abmessungen dieser Strukturen so groß sind, daß sie mit bloßem Auge erkennbar und meßbar sind. Diesem Zweck der Vergrößerung der Zugriffselemente dienen auch die entsprechend vorbereiteten Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte. Ohne derartige Umverdrahtungsleitungen und damit ohne derartige Flächen, wie sie die Keramikplatte zur Verfügung stellt, wäre ein Zugriff zu den mikroskopisch kleinen Strukturen auf der Diamantplatte nicht möglich.

Das Fixieren der Detektorkomponenten auf einem Trägerrahmen kann in vorteilhafter Weise durch einen Metallrahmen ebenfalls aus Aluminium sichergestellt werden. Derartige Aluminiumrahmen lassen sich leicht bearbeiten, und somit läßt sich auch eine Keramikplatte bei entsprechend vorbereiteten Strukturen wie z.B. Bohrungen auf dem Trägerrahmen justieren und fixieren. Darüber hinaus weist Aluminium eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf, so daß Wärme, die in der Diamantplatte entsteht, über die Keramikplatte an den Aluminiumrahmen und weiter an das Gehäuse einer Anlage, in der der Detektor eingesetzt ist, übertragen werden kann.

Zum Bereitstellen einer monokristallinen Siliciumträgerplatte wird zunächst in einer Ausführungsform der Erfindung eine monokristalline Siliciumscheibe aus einer monokristallinen Siliciumsäule gesägt. Anschließend wird die Scheibenoberfläche, auf der die Diamantplatte abgeschieden werden soll, chemomechanisch geläppt. Gleichzeitig wird sowohl beim Herstellen der monokristallinen Siliciumsäule als auch beim Schneiden der monokristallinen Siliciumscheibe auf eine zur

Abscheidung von Diamant günstige Kristallorientierung geachtet. Das hat den Vorteil, daß die Oberfläche der monokristallinen Siliciumscheibe eine Orientierung aufweisen kann, die das Aufwachsen von kristallinem Diamant im Diamantgitter auf der ein Diamantgitter aufweisenden Siliciumscheibe fördert.

Bei der chemischen Gasphasenabscheidung einer Diamantschicht aus Kohlenstoff auf der ein Diamantgitter aufweisenden monokristallinen Trägerplatte wird in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung eine carboorganische gasförmige Substanz als Reaktionsgas und Wasserstoff als Trägergas eingesetzt. Üblicherweise ist die carboorganische Substanz ein Methangas, das in einem Volumenanteil von 0,5 bis 2 Vol.% dem Wasserstoffgas zugesetzt wird, wobei sich der Kohlenstoff aus der gasförmigen carboorganischen Substanz auf der Siliciumträgerplatte abscheidet.

Nach der Abscheidung einer polykristallinen Diamantschicht auf der ein monokristallines Diamantgitter aufweisenden Siliciumplatte wird diese Siliciumträgerplatte von der selbsttragenden Diamantschicht in einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens mittels eines Plasmaätzverfahrens abgetragen. Anstelle eines Plasmaätzverfahrens können auch naßchemische Verfahren eingesetzt werden, bei denen im wesentlichen ein Gemisch aus Flußsäure und Salpetersäure das Silicium auflöst bzw. abätzt, während die Diamantschicht als selbsttragende Diamantplatte erhalten bleibt.

Diese obigen Ätzverfahren haben den Vorteil, daß sie eine selbsttragende polykristalline Diamantplatte freilegen, die anschließend auf Oberseite und Rückseite chemomechanisch poliert werden kann.

Zum Beschichten der Oberseite und der Rückseite der Diamantplatte mit einem Metallspiegel können ein Sputter-, ein Aufdampf- oder auch Sinterverfahren eingesetzt werden. Beim Sputterverfahren wird eine Metallplatte zerstäubt, wobei sich die zerstäubten Atome auf der Oberseite bzw. auf der Rückseite der Diamantplatte abscheiden und einen Metallspiegel bilden.

Bei dem Aufdampfverfahren wird ein Aluminium in einem Schmelztiegel unter Vakuum erschmolzen und die Diamantplatte über dem Schmelztiegel in der Weise positioniert, daß sich der Aluminiumdampf auf der Diamantplatte als Metallspiegel abscheiden kann. Bei einem Sinterverfahren wird eine Aluminiumpaste auf die Diamantscheibe aufgebracht und in einem entsprechenden Sinterofen das Bindemittel der Aluminiumpaste verdampft und gleichzeitig eine Beschichtung aus Aluminium auf die Diamantplatte aufgesintert.

Mit jedem dieser Verfahren kann zunächst auf der Diamantplatte eine geschlossene Metallschicht abgeschieden werden, die anschließend strukturiert wird, wenn der Detektor eine ortsauflösende Struktur auf seiner Oberseite aufweisen soll.

So wird zum Beschichten der Oberseite und der Rückseite der Diamantplatte mit einer Metallstruktur zunächst ein Metallspiegel aufgebracht, der anschließend mittels einer Photolithographie strukturiert wird. Dazu wird ein Photolack auf den Metallspiegel aufgebracht und über eine optische Maske die Photolackschicht strukturiert, wodurch schließlich der Photolack nur die Teile der Metallschicht schützt, die als Kontaktschicht oder als Leiterbahnen auf der Oberseite der Diamantplatte verbleiben sollen, während die vom Photolack

freigelegten Bereiche durch Belichten und Entwickeln des Photolackes in einem entsprechenden, oftmals alkalischen Bad abgelöst werden. Um die Leiterbahnen von der Diamantplatte elektrisch zu isolieren, wird vor dem Verspiegeln eine strukturierte Isolationsschicht auf die Diamantplatte aufgebracht.

Diese Verfahren haben den Vorteil, daß sie sehr feinstrukturierte, in mikroskopisch kleinen Abmessungen darstellbare Leiterbahnen und Kontaktflächen auf der Diamantplatte realisieren können. Eine noch höhere Ortsauflösung des Detektors kann erreicht werden, wenn sowohl auf der Oberseite als auch auf der Rückseite ein metallisches Streifenmuster vorgesehen wird. Dieses Streifen- oder Gittermuster auf der Oberseite und der Rückseite wird in einen Metallspiegel dadurch eingebracht, daß Längsnuten in den Metallspiegel eingebracht werden. Dieses Einbringen kann rein mechanisch erfolgen, wobei Längsnutenbreiten im Bereich von mehreren Mikrometern realisiert werden, oder es kann durch Photolithographie erfolgen, bei der Längsnuten im Submikrometerbereich realisierbar sind.

Eine derartige Diamantplatte mit einer metallischen Gitterstruktur auf beiden Seiten benötigt zur Ortsauflösung eine wesentlich komplexere Auswertung und Ansteuerung, um die Ortsverteilung eines hochenergetischen Strahles zu erfassen, jedoch hat es gleichzeitig den Vorteil, daß die Intensitätsverteilung eines Ionenstrahls mit einer Auflösung im Mikrometerbereich erfolgen kann.

Es kann jedoch eine strukturierte Metallschicht auch unmittelbar aufgebracht werden, wenn der Auftrag des Materials durch eine Maske oder Schablone erfolgt.

Um von den mikroskopisch kleinen Strukturen in Form von Kontaktflächen und Leiterbahnen auf der Diamantplatte auf makroskopische Strukturen übergehen zu können, werden Umverdrahtungsleitungen, Kontaktanschlußflächen und/oder passive Bauelemente auf der größeren Keramikplatte mit makroskopischen Dimensionen realisiert. Diese können teilweise in Dünnschicht- oder Dickfilmtechnik gebildet werden, soweit es passive Bauelemente und Kontaktanschlußflächen betrifft, während Umverdrahtungsleitungen, die von mikroskopischen Abmessungen zu makroskopischen Bauteilen und Anschlußflächen führen sollen, in der gleichen hohen Auflösung zu realisieren sind wie die entsprechenden Strukturen auf der Diamantplatte.

Für einen Detektor, der die Gesamtintensität eines Ionenstrahls messen soll, wird auf die metallisierte Diamantplatte beidseitig ein wenige Mikrometer dünner Metallspiegel aufgebracht, wobei der obere Metallspiegel für den Anschluß an eine entsprechende hohe Spannung vorzusehen ist und der untere Metallspiegel an eine Masseleitung auf der Keramikplatte anzuschließen wäre.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird zum Verbinden der Metallstruktur auf der Oberseite der Diamantplatte mit den Umverdrahtungsleitungen auf der Keramikplatte ein Bondverfahren eingesetzt. Dazu werden entsprechende Bondflächen auf der Keramikplatte vorgesehen, so daß von entsprechenden Kontaktflächen auf der Diamantplatte dann Bonddrähte bis zu den Bondflächen auf der Keramikplatte gebondet werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird zum Fixieren der Detektorkomponenten auf dem Trägerrahmen ein me-



tallischer Halterahmen vorgesehen, der gleichzeitig über eine Leiterbahn auf der Keramikplatte eine Massepotentialverbindung herstellt. Dieser metallische Halterahmen kann in vorteilhafter Weise auf den Trägerrahmen geschraubt sein und zwischen dem Trägerrahmen und dem Halterahmen die Keramikplatte aufnehmen und fixieren. Dazu können in der Keramikplatte entsprechende Bohrungen vorgesehen werden, um eine genaue Ausrichtung der Keramikplatte in bezug auf die Trägerplatte zu erreichen.

Die Verschraubung zwischen Halterahmen und Trägerrahmen kann gleichzeitig der Masseverbindung dienen. Somit ist es nur notwendig, eine entsprechende Umverdrahtungsleitung auf der Keramikplatte zu dem Halterahmen vorzusehen, wenn die Schraubverbindung von dem metallischen Halterahmen zu einem metallischen Trägerrahmen ebenfalls aus Metallschrauben besteht.

Der Detektor ist für hochenergetische bis hochintensive Teilchenstrahlen einsetzbar, ohne daß seine Ober- oder Rückseite eine Beschädigung aufweist und das Material weder abgesputtert bzw. zerstäubt wird oder verdampft. Auch konnten überraschenderweise keine Löcher im Detektor nach vielfachem Einsatz zur Messung hochenergetischer und hochintensiver Ionenstrahlen festgestellt werden, obgleich von derartigen zu Impulsen gebündelten Strahlen eine mechanische schockintensive Belastung der Detektorplatte ausgeht. Auch eine partielle kristalline Umstrukturierung des Diamantgitters in Graphitgitterbereiche innerhalb der Diamantplatte des Detektors konnte bei dieser extrem belastenden Verwendung nicht beobachtet werden.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Detektor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Detektor gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Figur 3 zeigt einen schematischen Querschnitt durch eine Diamantplatte eines Detektors.

Figur 4 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Bereich einer Metallstruktur einer Oberseite einer Diamantplatte-

Figur 5 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Teils einer Diamantplatte entlang der Schnittlinie A-A der Figur 4.

Figur 6 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Bereich einer Metallstruktur einer Oberseite einer Diamantplatte.

Figur 7 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Teils einer Diamantplatte entlang der Schnittlinie B-B der Figur 6.

Figuren 8 bis 13 zeigen Prinzipskizzen von Zwischenprodukten, die bei der Herstellung einer Diamantplatte einer Ausführungsform der Erfindung schrittweise entstehen.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Detektor 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das Bezugszeichen 2 kennzeichnet einen Pfeil, der die Richtung eines hochenergetischen bis hochintensiven Partikelstrahls andeutet, der in dieser Ausführungsform der Erfindung durch den Detektor 1 hindurchtritt. Dabei werden alle Oberflächen des Detektors, die stromaufwärts der Ionenstrahlrichtung liegen, als Oberseiten bezeichnet und alle Oberflächen der Komponenten des Detektors, die stromabwärts der Ionenstrahlrichtung angeordnet sind, werden als Rückseiten bezeichnet.

Das Bezugszeichen 3 kennzeichnet eine Halbleiterplatte. Das Bezugszeichen 4 kennzeichnet eine Metallbeschichtung, die doppelseitig auf die Halbleiterplatte 3 aufgetragen ist. Das Bezugszeichen 5 kennzeichnet ein Substrat, auf dem die Halbleiterplatte 3 mit ihrer doppelseitigen Metallbeschichtung 4 angeordnet ist. Das Bezugszeichen 6 kennzeichnet eine Diamantplatte, die in dieser Ausführungsform der Erfindung als Halbleiterplatte eingesetzt wird. Das Material einer Diamantplatte weist ein Diamantgitter aus Kohlenstoff auf. Das Bezugszeichen 7 kennzeichnet eine Metallstruktur auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 und das Bezugszeichen 8 kennzeichnet die Metallstruktur auf der Rückseite 33 der Diamantplatte 6. Das Bezugszeichen 9 kennzeichnet die Elektroden, die in dieser ersten Ausführungsform der Erfindung identisch mit der Metallbeschichtung 4 sind und aus einem Metallspiegel 12 auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 bestehen und aus einem Metallspiegel 13 auf der Rückseite 33 der Diamantplatte 6 bestehen.

Während die Elektrode 9 auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 über eine Bondverbindung 15 mit einer

Kontaktanschlußfläche 22 auf dem Substrat 5 verbunden ist, ist die Elektrode 9 auf der Rückseite 33 der Diamantplatte 6 über eine Metallstreifenbrücke mit einer Umverdrahtungsleitung 17 auf dem Substrat 5 elektrisch verbunden. Das Bezugszeichen 10 kennzeichnet Leiterbahnen auf dem Substrat 5 und das Bezugszeichen 11 kennzeichnet eine Keramikplatte, die als Substrat 5 in dieser Ausführungsform eingesetzt wird.

In dieser Ausführungsform der Erfindung wird die Keramikplatte 11 mittels eines metallischen Halterahmens 34 auf einem metallischen Trägerrahmen 23 gehalten, der praktisch das Gehäuse des Detektors bildet. Gleichzeitig ist der Trägerrahmen 23 ein Außenkontakt 18 des Detektors 1 zum Massepotential der Anlage. Über die Schraubverbindung 35 und den Halterahmen 34 aus Metall wird das Massepotential auf die Oberseite 36 der Keramikplatte 11 gelegt und ist mit einer der Umverdrahtungsleitungen 17, die in Kontakt mit dem Metallspiegel 13 der Rückseite 33 der Diamantplatte sind, verbunden. Die Leiterbahnen 10 auf dem Substrat 5 können gedruckte Dünnfilm- oder Dickfilmleitungen 25 sein, die mit passiven Bauelementen 26 verbunden sind.

Während die Metallstruktur 8 auf der Rückseite der Diamantplatte 6 über eine Metallstreifenbrücke auf Massepotential liegt, wird über die Kontaktanschlußfläche 22 und den Bonddraht 15 eine Spannung an die Elektrode 9 der Oberseite 32 der Diamantplatte gelegt. Diese Spannung richtet sich nach der Dicke der Diamantplatte 6 und liegt in dieser Ausführungsform der Erfindung bei  $1 \text{ V}/\mu\text{m}$  Dicke. Die Dicke der Diamantplatte 6 ist in dieser Ausführungsform etwa  $200 \mu\text{m}$ , so daß über den Bonddraht 15 an die Metallstruktur 7 der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 eine Spannung von 200 V angelegt wird.

Beim Durchdringen des Ionenstrahls in Pfeilrichtung 2 der Diamantplatte 6 werden Elektronen-Lochpaare generiert, die aufgrund der hohen Feldstärke getrennt werden und einen Strom, der proportional zur Intensität des Ionenstrahls ist, verursachen. Für eine ortsauflösende Erfassung des Ionenstrahls, das heißt, zur Erfassung des Profils des Ionenstrahls über seinem Querschnitt, ist die Metallstruktur 8 auf der Rückseite der Diamantplatte 6 in viele Einzelelektroden strukturiert, so daß entsprechend viele Bonddrähte 15 die Meßsignale zu entsprechenden Auswerteschaltungen ableiten. Dazu sind die Kontaktanschlußflächen 15 auf der Keramikplatte 11 entsprechend vervielfältigt und korrespondieren mit entsprechenden, vom Massepotential isolierten, nach außen geführten, in dieser schematischen Zeichnung nicht gezeigten Außenkontakten des Detektors 1.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die in Figur 1 mit den Bezugszeichen 7 und 8 gekennzeichneten Metallstrukturen auf der Oberseite und der Rückseite der Diamantplatte keine Metallspiegel, sondern gitterförmige Metallstreifen, die auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 parallel in einer Richtung laufen, zu der die Richtung der Metallstreifen auf der Rückseite 33 der Diamantplatte 6 im rechten Winkel angeordnet sind. In dem Fall entsprechen die Anzahl der Leiterbahnen 10 auf der Keramikplatte 11 der Anzahl der Metallstreifen der Metallstruktur 8 auf der Rückseite der Diamantplatte 6.

Mit der streifenförmigen oder gitterförmigen Struktur der Metallbeschichtung 4 auf der Oberseite 32 und der Rückseite 33 der Diamantplatte 6 kann eine maximale Ortsauflösung erreicht werden, jedoch sind zur Auswertung und Ansteuerung der Kreu-

zungspunkte der beiden Streifen- oder Gittermuster eine komplexe Ansteuerungs- und Auswerteschaltung erforderlich. Mit einem derartigen Detektor können hochenergetische Partikelstrahlen, Teilchenstrahlen oder Ionenstrahlen in einer zeitlichen Auflösung von Mikrosekunden erfaßt werden und in einer örtlichen Auflösung im Bereich von Mikrometern gemessen werden. Mit entsprechender Verstärkungshilfe können auch Einzelpartikel erfaßt werden, so daß mit diesem Detektor ein Intensitätsbereich über 10 Größenordnungen von 1 bis  $10^{10}$  Partikel pro  $\text{mm}^2$  erfaßt werden können.

Die Diamantplatte 6 ist bei dieser Ausführungsform der Erfindung polykristallin aus der Gasphase abgeschieden. Die zentrale Öffnung 24 in der Keramikplatte 11 ist der Größe der Diamantplatte 6 angepaßt, die mehrere  $\text{cm}^2$  groß sein kann. Für die Messung eines gescannten Ionenstrahls ist diese zentrale Öffnung 24 und auch die Diamantplatte 6 viereckig. Für einen kreisrunden Ionenstrahl können die Diamantplatte und die zentrale Öffnungen 24 kreisförmig ausgebildet sein.

Figur 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Detektor 1 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in Figur 1 werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Im Zentrum des Detektors 1 befindet sich die zentrale Öffnung 24, die von der Diamantplatte 6 abgedeckt wird, durch die der Teilchenstrahl 2 hindurchtritt. Die Oberseite 32 der Diamantplatte 6 ist metallisiert und steht über eine Bondverbindung 15 und eine Umverdrahtungsleitung 17 mit einem Außenkontakt 18, der auf der Keramikplatte 11 angeordnet ist elektrisch in Verbindung. Über diesen Außenkontakt 18 auf der Keramikplatte

11 kann eine Spannung an die Elektrode 9 auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 gelegt werden.

Die Unterseite der Diamantplatte 6 ist über eine Metallstreifenbrücke auf der Keramikplatte 11 mit dem metallischen Halterahmen 34 für die Keramikplatte 11 elektrisch verbunden, und dieser Halterahmen 34 ist über metallische Schraubverbindungen 35 mit dem Trägerrahmen 23 elektrisch verbunden, so daß die Rückseite der Diamantplatte auf ein Massepotential gelegt werden kann. Beim Durchtreten eines Ionenstrahls durch die Diamantplatte 6 entsteht zwischen dem Außenkontakt 18 auf der Keramikplatte 11 und dem Außenkontakt 18, der hier mit der Trägerplatte 23 aus Metall identisch ist, ein Strom, welcher der Intensität des Partikelstrahls 2 entspricht und zu der Intensität des Strahls über 10 Zehnerpotenzen proportional ist.

Figur 3 zeigt einen schematischen Querschnitt durch eine Diamantplatte 6 eines Detektors 1. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Die Diamantplatte 6 weist eine Dicke  $d$  auf, die auch entscheidend ist für die Potentialdifferenz zwischen der geschlossenen Metallschicht 8 auf der Unterseite und der geschlossenen Metallschicht 7 auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6. Während die Metallbeschichtung 4 auf der Unterseite der Diamantplatte 6 auf einer nichtgezeigten Keramikplatte ruht und über eine Metallstreifenbrücke mit Umverdrahtungsleitungen 17 auf der Oberseite der Keramikplatte verbunden werden kann, wird die Oberseite mit Hilfe

eines Bonddrahtes 15 mit Kontaktanschlußflächen auf der Oberseite des Keramiksubstrats verbunden.

Die in Figur 3 gezeigte Ausführungsform ist eine relativ einfache Ausführungsform der Ionenstrahlsensitiven Diamantplatte zur Ermittlung der Strahlintensität. Um jedoch den Ionenstrahlortsabhängig zu vermessen, wird mindestens eine der Metallbeschichtungen 4 strukturiert und in einzelne mikroskopisch kleine und damit nur unter einem Lichtmikroskop meßbare Kontaktflächen aufgeteilt. Zur ortsauflösenden Messung ist dann jede dieser Kontaktflächen auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 mit entsprechenden nichtgezeigten Außenkontakten des Detektors verbunden.

Figur 4 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Bereich einer Metallstruktur 7 einer Oberseite 32 einer Diamantplatte 6. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Die Metallstruktur 7 ist derart strukturiert, daß eine ortsauflösende Messung eines Teilchen- bzw. Ionenstrahls möglich wird. Dazu sind bei gleichbleibendem Rastermaß mikroskopisch kleine Elektroden 9 auf der Oberfläche 32 der Diamantplatte 6 gleichmäßig verteilt angeordnet. Diese Elektroden 9 sind über Leiterbahnen 16 mit Kontaktflächen 14 im Randbereich der Diamantplatte 6 verbunden. Von diesen Kontaktflächen 14 führen einzelne Bonddrähte 15 zu entsprechenden Kontaktanschlußflächen auf einem darunterliegenden, nichtgezeigten Substrat in Form einer Keramikplatte. Jede dieser Elektroden wird über die Bonddrähte 15 und die Leiterbahnen 16 mit einer Meßspannung versorgt, so daß an jeder dieser Elektroden 9 die



örtliche Intensität eines Ionenstrahls oder Partikelstrahls gemessen werden kann.

Figur 5 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Teils einer Diamantplatte 6 entlang der Schnittlinie A-A der Figur 4. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Der Querschnitt durch eine Diamantplatte 6 zeigt, daß die Rückseite 33 der Diamantplatte 6 mit einem geschlossenen Metallspiegel von submikroskopischer Dicke als Masseelektrode belegt ist. Das Massepotential kann über die Leiterbahn 10 auf dem nichtgezeigten Substrat an die Rückseite 33 der Diamantplatte 6 gelegt werden. Um das ortsauflösende Meßergebnis an den Elektroden 9 nicht zu verfälschen, sind die Leiterbahnen 16 und die Kontaktanschlußflächen 14, die in Figur 4 gezeigt werden, auf einer Isolationsschicht 37 angeordnet, welche die Oberfläche der Diamantplatte 6 elektrisch isoliert und passiviert.

Die Isolationsschicht kann aus Saphir, Siliciumnitrid, Siliciumcarbid, Bornitrid oder Siliciumdioxid aufgebaut sein. Entscheidend ist, daß selbst bei hochenergetischen bis hochintensiven Ionenstrahlen diese Isolationsschicht nicht elektrisch leitend wird.

Figur 6 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Bereich einer Metallstruktur 7 einer Oberseite 32 einer Diamantplatte 6. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Das Bezugszeichen 19 kennzeichnet ein Gitternetz aus Metallstreifen 20 auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6. Die auf der Oberseite 32 angeordneten Metallstreifen sind mit durchgezogenen Linien markiert, während die Metallstreifen auf der Rückseite der Diamantplatte 6 durch gestrichelte Linien angedeutet werden. Diese Streifenstruktur hat den Vorteil, daß jeder Streifen im Randbereich durch einen Bonddraht 15 in Form eines Flachleiters kontaktiert werden kann, ohne daß Leiterbahnen auf der Oberseite 32 der Diamantplatte 6 vorzusehen sind.

Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform der Erfindung gegenüber der Ausführungsform nach Figur 4 ist, daß keine Isolationsschichten vorzusehen sind und das ortsauflösende Ergebnis nicht von Leiterbahnen oder Kontaktanschlußflächen verfälscht werden kann. Dieses wird dadurch erreicht, daß die Unterseite der Diamantplatte keine geschlossene Metallfläche in Form eines Metallspiegels aufweist, sondern ebenfalls in Metallstreifen strukturiert ist. Die Ansteuerung und Meßelektronik für einen derartigen Detektor mit Diamantplatte wird jedoch komplexer und aufwendiger als in den vorhergehenden Ausführungsformen, zumal jeder Kreuzungspunkt einzeln und nacheinander anzusteuern ist, um eine maximale Ortsauflösung zu gewährleisten. Schon bei einer Streifenstruktur von nur 10 Streifen pro Quadratzentimeter Fläche der Detektorplatte 6 ergeben sich 100 Meßpunkte oder Kreuzungspunkte, die nacheinander anzusteuern sind. Wird die Zahl der Streifen auf der oberen und unteren Seite verdoppelt, so vervierfachen sich bereits die Meßpunkte. Somit kann zwar eine hohe Dichte an Meßpunkten erreicht werden, jedoch steigt natürlich der Aufwand für die Ansteuerungs- und Erfassungsschaltungen.

Figur 7 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Teils einer Diamantplatte 6 entlang der Schnittlinie B-B der Figur 6. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Die Figur 7 zeigt, daß die obere Streifenstruktur 20 und die untere Streifenstruktur einander gegenüberliegen, wobei die Streifen 21 der unteren Streifenstruktur unmittelbar über Umverdrahtungsleitungen 17 auf einem Substrat elektrisch verbunden sind. Die oberen Streifen 20 hingegen müssen über Bondverbindungen 15 mit entsprechenden Umverdrahtungsleitungen auf dem Substrat erst verbunden werden. Zur ortsauflösenden Messung werden jeweils nur an zwei Streifen, nämlich einem Streifen auf der Oberseite 32 und einem Streifen auf der Unterseite 33, eine Meßspannung angelegt, und diese Meßspannung wird in schneller Folge, beispielsweise mit einem Schieberegister von einem Metallstreifen zum nächsten gegeben, so daß sämtliche Meßpunkte auf der Diamantplatte in weniger als 1 ns erfaßbar sind. Ein derartiges Muster hat jedoch eine Grenze, indem die Zahl der Meßpunkte nicht beliebig erhöht werden kann, insbesondere bei gepulsten Partikelstrahlen, die gebündelt mit hoher Energie nur für Bruchteile von Mikrosekunden die Diamantplatte durchdringen.

Die Figuren 8 bis 13 zeigen Prinzipskizzen von Zwischenprodukten, die bei der Herstellung einer Diamantplatte 6 einer Ausführungsform der Erfindung schrittweise entstehen. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden in den folgende Figuren mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Figur 8 zeigt eine monokristalline, ein Diamantgitter aufweisende Siliciumträgerplatte 27. Eine derartige Siliciumträgerplatte kann aus einer monokristallinen Siliciumsäule als monokristalline Siliciumscheibe 30 gesägt werden, wobei die Oberseite 31 der Siliciumscheibe 30 vor der Weiterbehandlung ätzmechanisch geläppt wird.

Auf der ätzmechanisch geläppten Oberseite 31 wird in Figur 9 aus einem Gasstrom 38, der mit einem Trägergas aus Wasserstoff angereichert ist und eine carboorganischen Substanz aufweist, Kohlenstoff auf dem Diamantgitter der Siliciumscheibe 30 abgeschieden, so daß auf der Oberseite 31 der Siliciumscheibe 30 eine Diamantschicht 28 in einer Dicke  $d$  in polykristalliner Form abgeschieden wird.

Die Dicke  $d$  liegt bei dieser Ausführungsform mit  $200\text{ }\mu\text{m}$  im Bereich von  $50$  bis  $500\text{ }\mu\text{m}$  und ist derart stabil, daß, wie in Figur 10 gezeigt, die monokristalline Siliciumträgerplatte weggeätzt werden kann, so daß zunächst eine Rohdiamantplatte aus polykristallinem Material vorliegt. Diese Diamantplatte kann an ihrer Oberseite 32 und ihrer Unterseite 33 ätzmechanisch poliert werden, so daß sie eine Detektorplatte mit gleichförmiger Dicke für einen Detektor aufweisen kann.

Nach der chemischen Gasphasenabscheidung und dem Polieren der Oberseite 32 und der Unterseite 33 wird, wie in Figur 11 gezeigt, auf die Oberseite 32 eine strukturierte Isolationschicht 37 aufgebracht, in der Fenster zur Oberseite 32 der Diamantplatte 6 offenbleiben, so daß im nächsten Verfahrensschritt, der in Figur 12 gezeigt wird, eine geschlossene Metallbeschichtung 4 sowohl auf der Isolationsschicht 37 als auch in den Fenstern 39 aufgebracht werden kann. Gleichzeitig

oder anschließend kann auch die Rückseite 33 mit einer geschlossenen Metallschicht versehen werden.

Anschließend wird die geschlossene Metallbeschichtung 4 auf der Oberseite 32, wie in Figur 13 gezeigt, strukturiert, so daß auf der Isolationsschicht 37 eine Leiterbahnstruktur 39 entsteht, während einzelne voneinander isolierte Elektroden 9 in den Fenstern 39 verbleiben. Die damit erzeugte Struktur entspricht der Struktur, wie sie oben anhand der Figur 5 erörtert wird.

**Bezugszeichenliste**

1	Detektor
2	Teilchenstrahl
3	Halbleiterplatte
4	Metallbeschichtung
5	Substrat
6	Diamantplatte
7, 8	Metallstrukturen
9	Elektroden
10	Leiterbahn auf dem Substrat
11	Keramikplatte
12	Metallspiegel der Oberseite
13	Metallspiegel der Unterseite
14	Kontaktfläche auf der Diamantplatte
15	Bonddrähte
16	Leiterbahn auf Diamantplatte
17	Umverdrahtungsleitungen
18	Außenkontakte des Detektors
19	Gitternetz
20	Metallstreifen auf der Oberseite
21	Metallstreifen auf der Unterseite der Diamantplatte
22	Kontaktanschlußflächen auf der Keramikplatte
23	Trägerrahmen
24	zentrale Öffnung der Keramikplatte
25	gedruckte Dickfilmleitungen auf der Keramikplatte
26	passive Bauelemente auf der Keramikplatte
27	monokristalline Siliciumträgerplatte
28	Diamantschicht
29	Leiterbahnstruktur
30	Siliciumscheibe

31	Oberfläche der Siliciumscheibe
32	Oberseite der Diamantplatte
33	Rückseite der Diamantplatte
34	Halterahmen
35	Schraubverbindung
36	Oberseite der Keramikplatte
37	Isolationsschicht auf der Diamantplatte
38	Gasstrom
39	Fenster
d	Dicke der Diamantplatte
A-A	Schnittlinie in Figur 4
B-B	Schnittlinie in Figur 6

### **Ansprüche**

1. Detektor zur Erfassung eines hochenergetischen bis hochintensiven Teilchenstrahls (2), der eine kristalline Halbleiterplatte (3) mit Metallbeschichtung (4) aufweist und auf einem Substrat (5) angeordnet ist,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Halbleiterplatte (3) eine Diamantplatte (6) ist, die beidseitig mit Metallstrukturen (7, 8) beschichtet ist, wobei die Metallstrukturen (7, 8) Aluminium und/oder eine Aluminiumlegierung aufweisen und wobei die Metallstrukturen (7, 8) Elektroden (9) aufweisen, die mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen über Leiterbahnen (10) auf dem Substrat (5) verbindbar sind und wobei das Substrat (5) eine Keramikplatte (11) mit einer zentralen Öffnung (24) aufweist, die von der Diamantplatte (6) abgedeckt ist.

2. Detektor nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Metallstrukturen auf Oberseite (7) und Unterseite (8) der Diamantplatte (6) zwei geschlossene Metallspiegel (12, 13) bilden, wobei der Metallspiegel der Unterseite (13) ein Massepotential aufweist und der Metallspiegel der Oberseite (12) auf einem Potential liegt, bei dem die Diamantplatte (6) eine Feldstärke im Bereich von 0,5 bis 5 Volt pro Mikrometern aufweist.

3. Detektor nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**



daß die Metallspiegel auf der Oberseite und auf der Unterseite des Detektors einen nicht metallisierten Randbereich aufweisen.

4. Detektor nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,

daß der Detektor an seiner Oberseite und seiner Rückseite nicht metallisierte Randbereiche in einer Breite, die mindestens der Dicke der Diamantplatte entspricht, aufweist.

5. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

daß die Metallstruktur auf der Unterseite (8) der Diamantplatte (6) einen geschlossenen Metallspiegel (13) aufweist und die Metallstruktur auf der Oberseite (7) der Diamantplatte eine Vielzahl von mikroskopisch kleinen Kontaktflächen (14) aufweist, die über Bonddrähte (15) und/oder Leiterbahnen (16) sowie Umverdrahtungsleitungen (17) auf der Keramikplatte (11) mit Außenkontakten (18) des Detektors (1) verbunden sind.

6. Detektor nach einem der folgenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

daß die Metallstrukturen (7, 8) ein Gitternetz (19) von Metallstreifen (20, 21) aufweisen, wobei die Metallstreifen der Unterseite der Diamantplatte (6) rechtwinklig zu den Metallstreifen der Oberseite (2) der Diamantplatte (6) angeordnet sind

7. Detektor nach einem der folgenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

daß die Keramikplatte (11) Kontaktanschlußflächen (22) aufweist, die mit Außenkontakten (18) des Detektors (1) verbunden sind.

8. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (1) einen Trägerrahmen (23), auf dem die Komponenten fixiert sind, aufweist.

9. Detektor nach Anspruch einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (24) in der Keramikplatte (11) kreisförmig ist.

10. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (24) in der Keramikplatte (11) viereckig ist.

11. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Diamantplatte (6) eine selbsttragende durch chemische Gasphasenabscheidung gebildete polykristalline Diamantplatte (6) ist, die eine Dicke (d) im Bereich von 10 bis 2000  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von 50 bis 500  $\mu\text{m}$  aufweist.

12. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Diamantplatte (6) eine selbsttragende monokristalline Diamantplatte (6) ist, die eine Dicke im Bereich von 10 bis 2000  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von 50 bis 500  $\mu\text{m}$  aufweist.

13. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß die Diamantplatte (6) eine, Umfangslänge von mehreren cm, vorzugsweise zwischen 2 cm und 50 cm aufweist.

14. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß die Keramikplatte (11) gedruckte Dünnfilm- oder Dickfilmleitungen (25) als Umverdrahtungsleitungen (17) und passive Bauelemente (26) in Dünnfilm- oder Dickfilmtechnik aufweist.

15. Verfahren zur Herstellung eines Detektors (1) zur Erfassung hochenergetischer bis hochintensiver Partikelstrahlen, der eine kristalline Halbleiterplatte (3) mit Metallbeschichtung (4) aufweist und auf einem Substrat (5) angeordnet ist, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Bereitstellen einer monokristallinen Siliciumträgerplatte (27),
- chemische Gasphasenabscheidung einer Diamantschicht (28) aus Kohlenstoff auf der ein Diamantgitter aufweisenden monokristallinen Siliciumträgerplatte (27),
- Entfernen der Siliciumträgerplatte (27) von der selbsttragenden Diamantschicht (28) zur Bildung einer Diamantplatte (6),
- Beschichten der Oberseite und der Rückseite der Diamantplatte (6) mit Metallstrukturen (7, 8),
- Bereitstellen einer Keramikplatte (11) mit zentraler Öffnung (24) und Umverdrahtungsleitungen (17) mit Kontaktanschlußflächen (22) und/oder passiven Bauelementen (26),
- Aufbringen der beidseitig metallisierten Diamantplatte (6) auf die Keramikplatte (11) unter Abdecken der zentralen Öffnung (24),

- Verbinden der Metallstrukturen (7, 8) der Diamantplatte (6) mit den Umverdrahtungsleitungen (17) auf der Keramikplatte (11),
- Fixieren der Detektorkomponenten auf einem Trägerrahmen (23).

16. Verfahren nach Anspruch 15,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zum Bereitstellen einer monokristallinen Siliciumträgerplatte (27) eine monokristalline Siliciumscheibe (30) aus einer monokristallinen Siliciumssäule gesägt wird, und anschließend die Scheibenoberfläche (31), auf der die Diamantplatte (6) abgeschieden werden soll, chemomechanisch geläppt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zur chemische Gasphasenabscheidung einer Diamantschicht (28) aus Kohlenstoff auf der ein Diamantgitter aufweisenden monokristallinen Siliciumträgerplatte (27) eine carboorganische gasförmige Substanz eingesetzt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die gasförmige Substanz Wasserstoff mit 0,2 bis 2 Vol.% Methan aufweist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zum Entfernen der Siliciumträgerplatte (27) von der selbsttragenden Diamantschicht (28) ein Plasmaätzverfahren eingesetzt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19,

dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Entfernen der Siliciumträgerplatte (27) von der selbsttragenden Diamantschicht (28) ein chemisches Naßätzverfahren eingesetzt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Beschichten der Oberseite (32) und der Rückseite (33) der Diamantplatte (6) mit einem Metallspiegel (12, 13) ein Sputter-, Aufdampf- oder Sinterverfahren eingesetzt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Beschichten der Oberseite (32) und/oder der Rückseite (33) der Diamantplatte (6) mit einer Metallstruktur (7, 8) ein Sputter- oder Aufdampfverfahren durch eine Maske eingesetzt wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Beschichten der Oberseite (32) und der Rückseite (33) der Diamantplatte (6) mit einer Metallstruktur (7, 8) zunächst ein Metallspiegel (12, 13) aufgebracht wird, der anschließend mittels Photolithographie strukturiert wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 23,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Beschichten der Oberseite (32) und der Rückseite (33) der Diamantplatte (6) mit einem metallischen Streifenmuster (20, 21) zunächst ein Metallspiegel (12, 13) aufgebracht wird, und anschließend Längsnuten in den Metallspiegel (12, 13) eingebracht werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zum Aufbringen von Umverdrahtungsleitungen (17), Kontaktanschlußflächen (22), und/oder passiven Bauelementen (26) auf die Keramikplatte (11) Dünnsfilm- oder Dickfilmverfahren eingesetzt werden.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche zu 15 bis 25,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zum Verbinden der Metallstrukturen (7, 8) der Diamantplatte (6) mit den Umverdrahtungsleitungen (17) auf der Keramikplatte (11) ein Bondverfahren eingesetzt wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zum Fixieren der Detektorkomponenten auf einem Trägerrahmen (23) ein metallischer Halterahmen (34) vorgesehen wird, der gleichzeitig über eine Leiterbahn auf der Keramikplatte (11) eine Massepotentialverbindung herstellt.

28. Verwendung des Detektors gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Detektion hochenergetischer bis hochintensiver Teilchenstrahlen.

### Zusammenfassung

#### Detektor zur Erfassung von Teilchenstrahlen und Verfahren zur Herstellung desselben

Die Erfindung betrifft einen Detektor und ein Verfahren zu seiner Herstellung zur Erfassung eines hochenergetischen bis hochintensiven Teilchenstrahls (2), der eine kristalline Halbleiterplatte (3) mit Metallbeschichtung (4) aufweist und auf einem Substrat (5) angeordnet ist, wobei die Halbleiterplatte (3) eine Diamantplatte (6) ist, die Donatoren aufweist und die beidseitig mit Metallstrukturen (7, 8) beschichtet ist. Die Metallstrukturen (7, 8) weisen Aluminium und/oder eine Aluminiumlegierung auf und bilden Elektroden, die mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen über Leiterbahnen 10 auf dem Substrat 5 verbindbar sind, wobei das Substrat (5) eine Keramikplatte (11) mit einer zentralen Öffnung (24) ist, die von der Diamantplatte (6) abgedeckt wird.

(Figur 1)

Fig. 1.

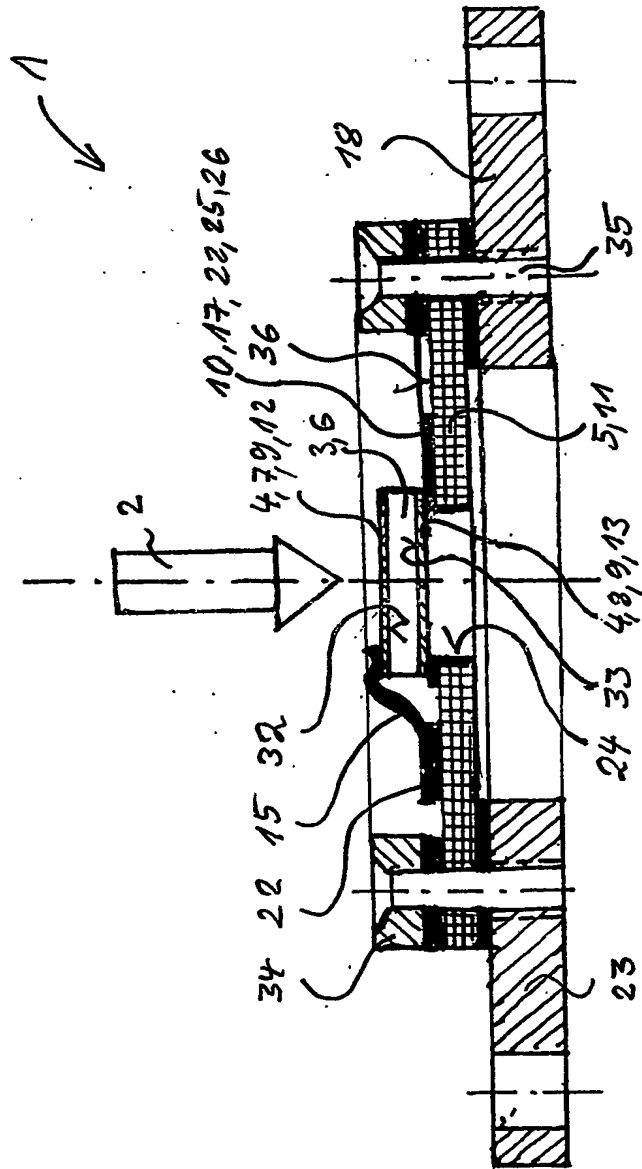




Fig. 2

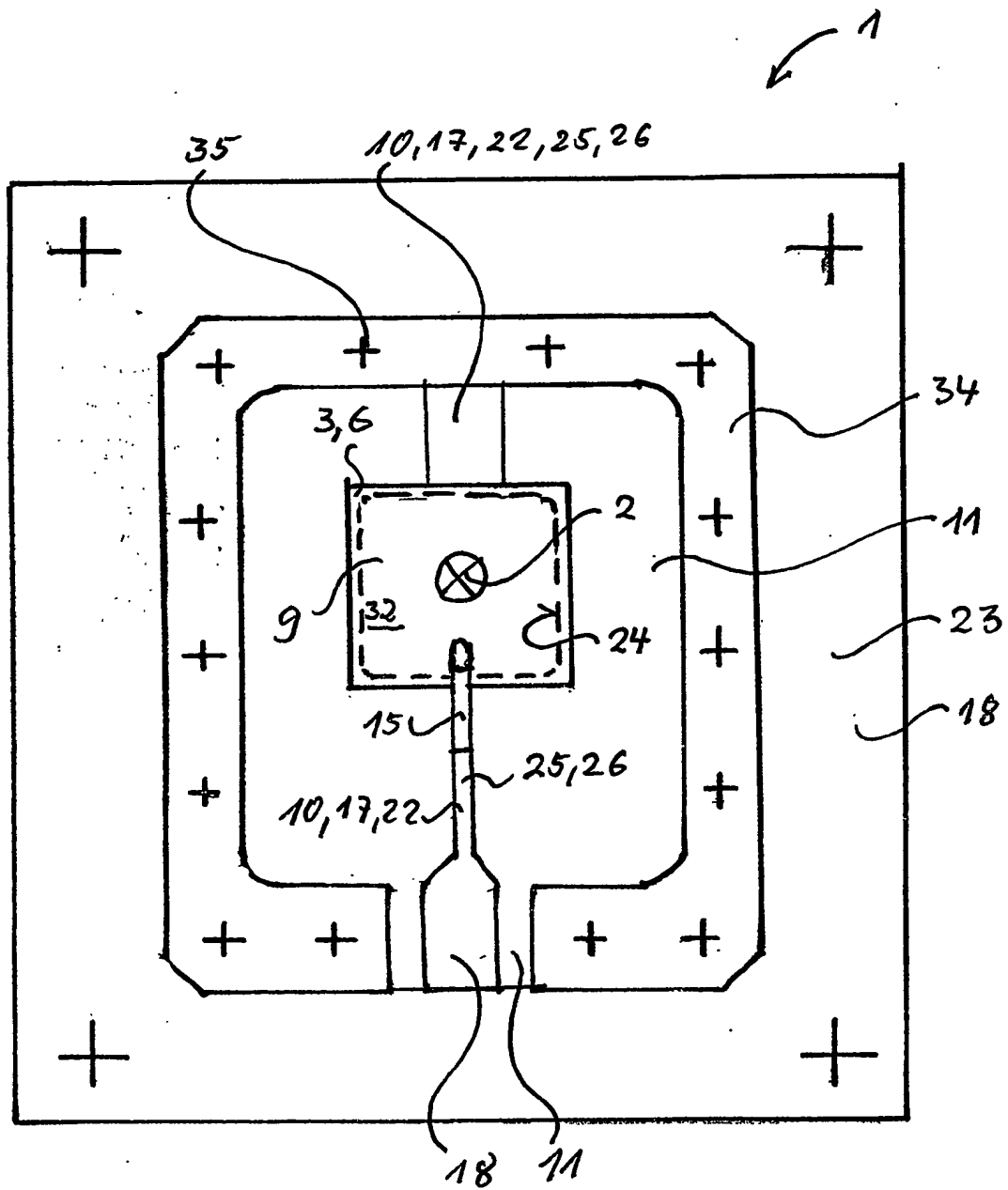
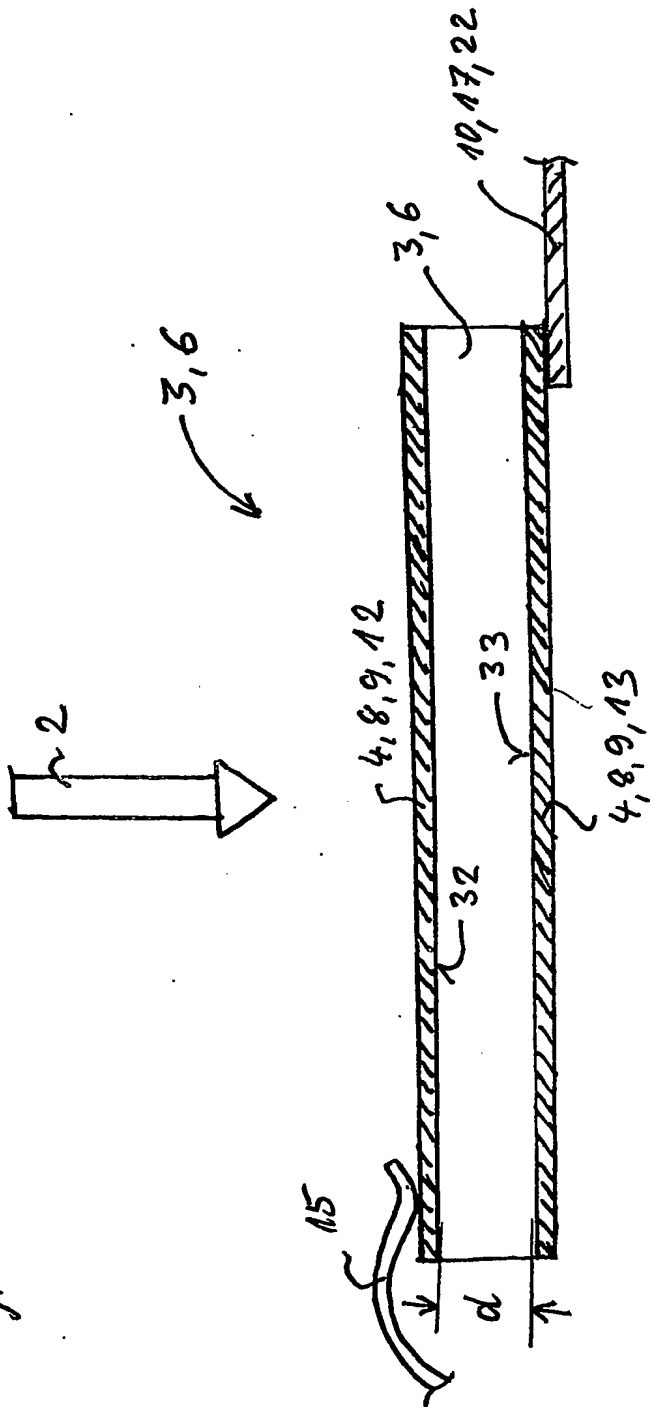


Fig. 3



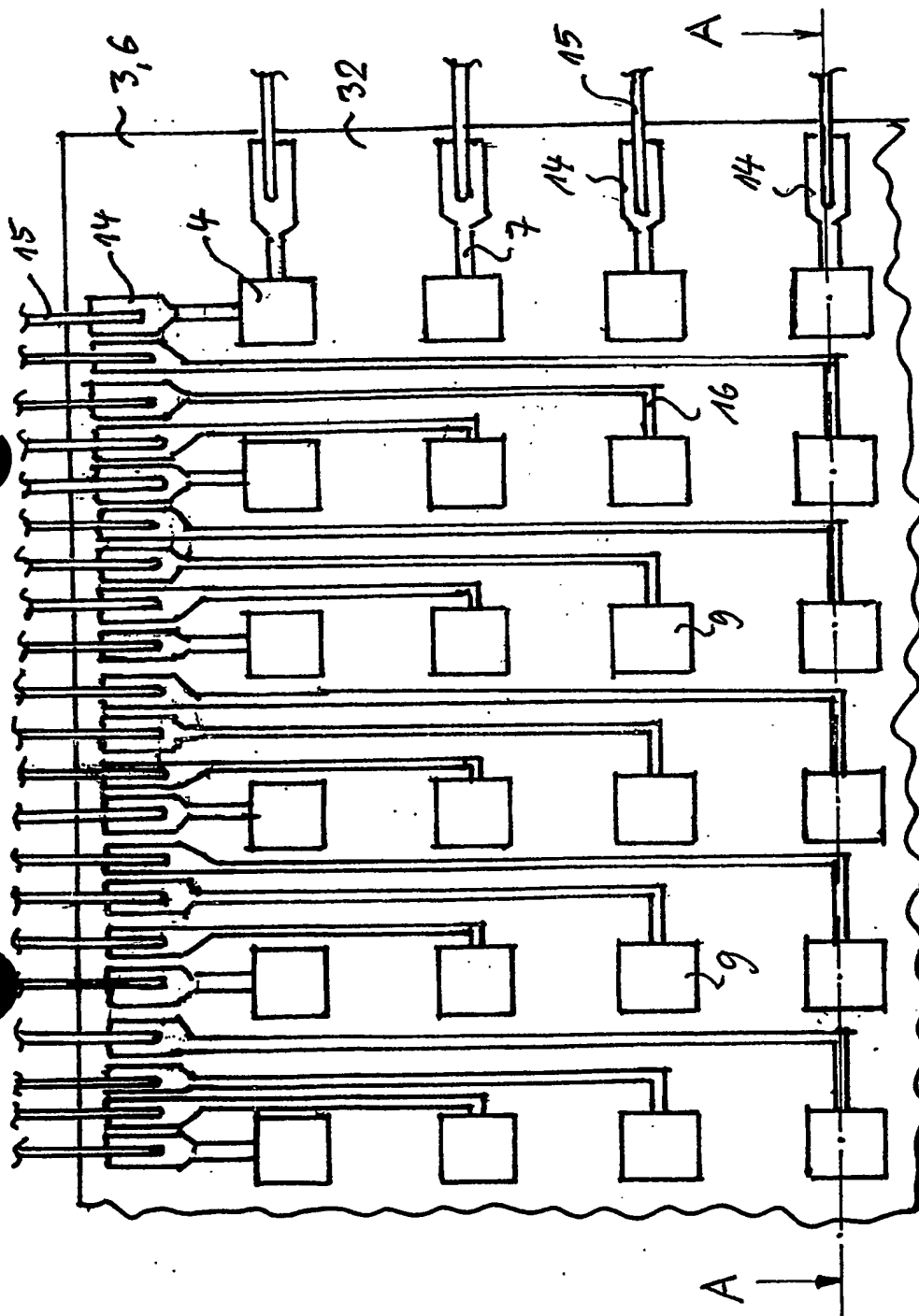


Fig. 4

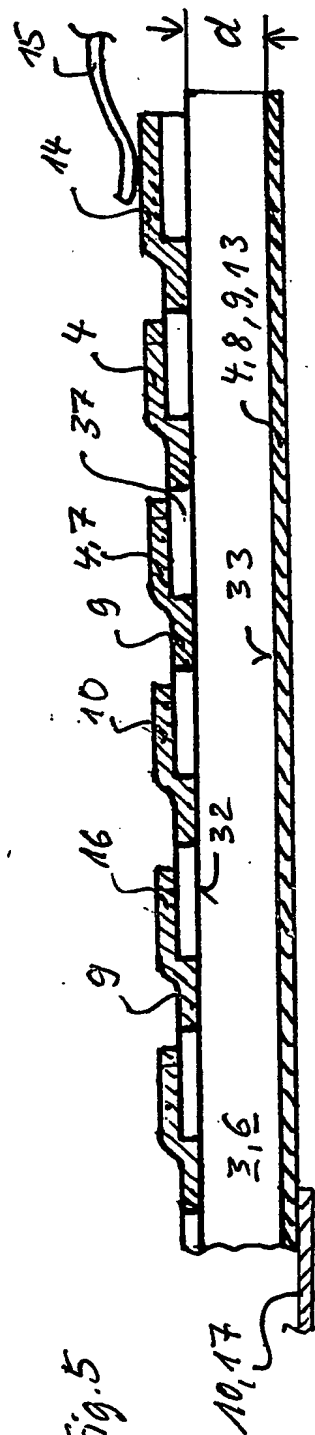


Fig. 5

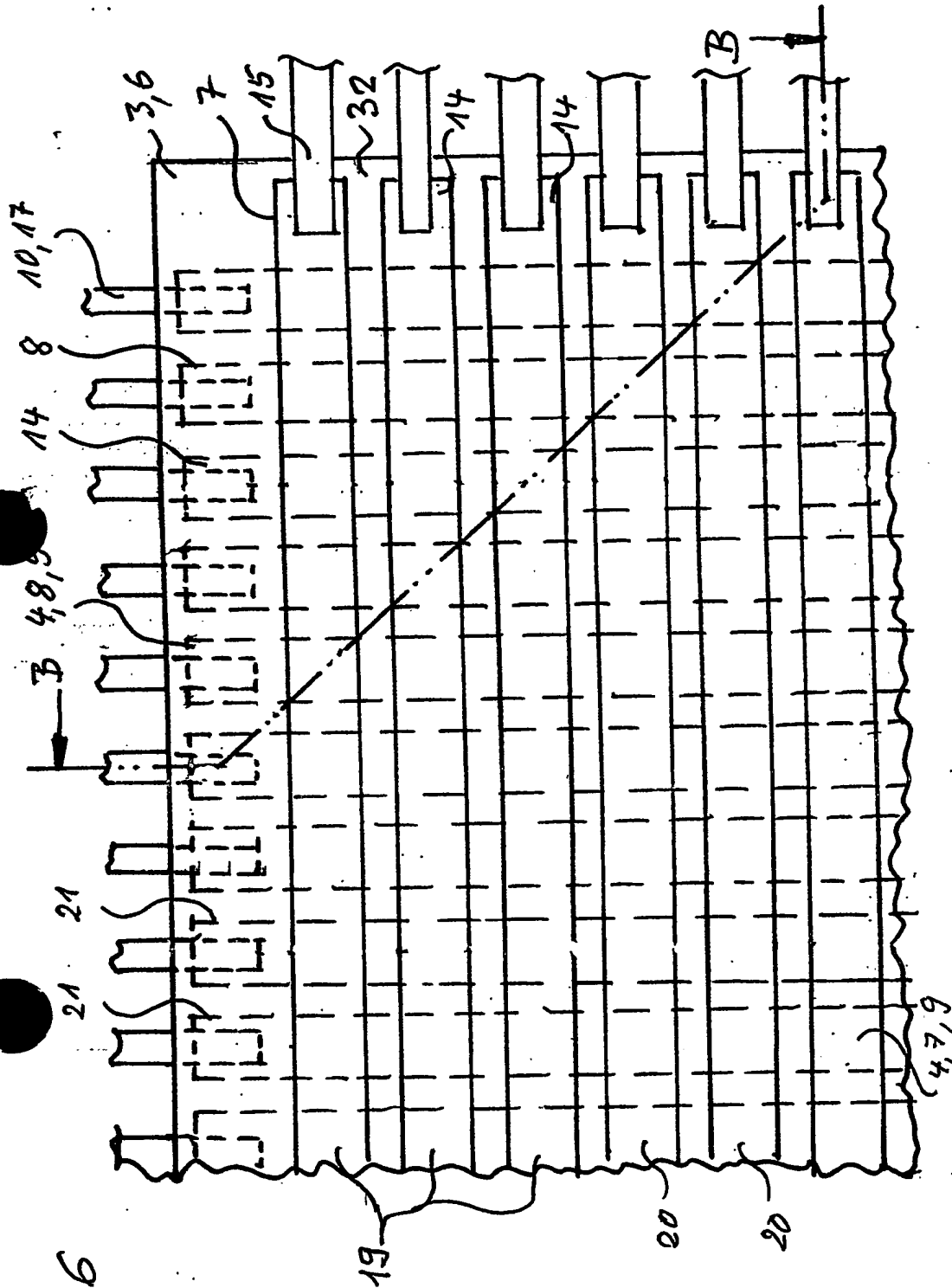


Fig. 6

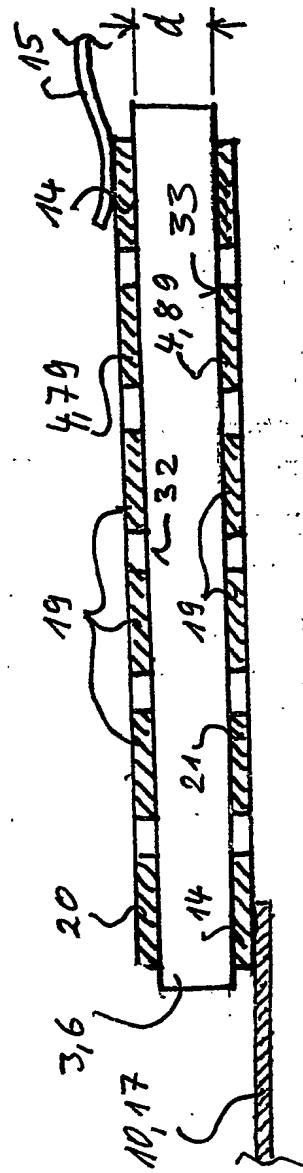


Fig. 7

Fig. 8

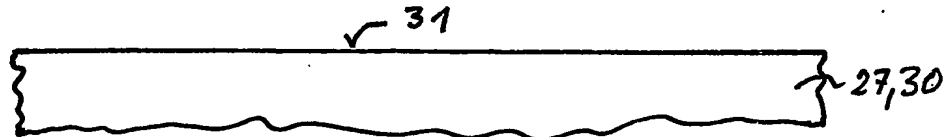


Fig. 9

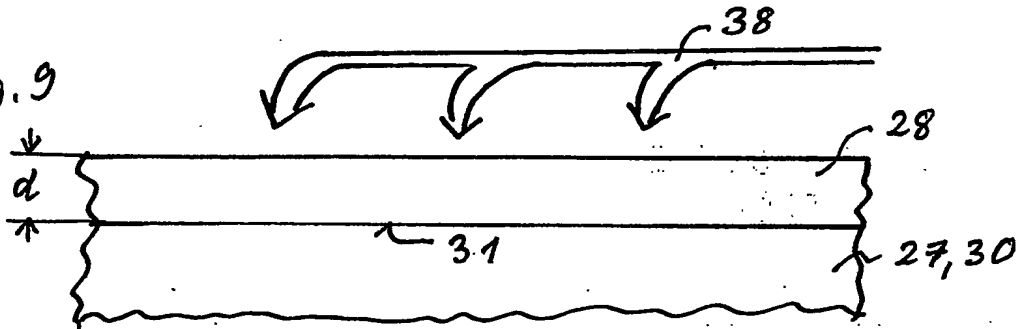


Fig. 10

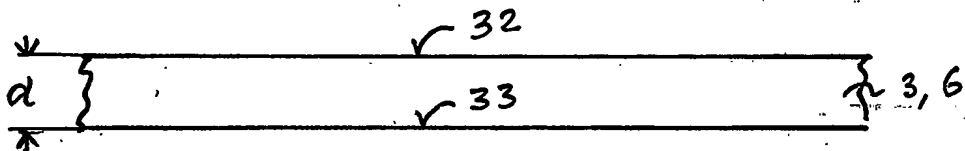


Fig. 11

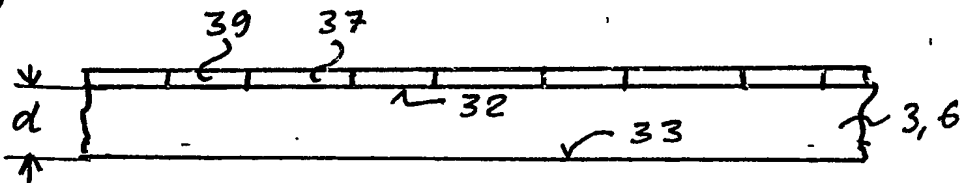


Fig. 12

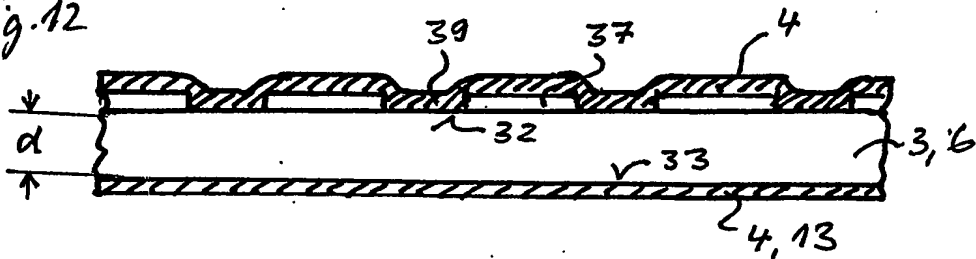


Fig. 13

